

学校编码: 10384
学号: 19920111152767

分类号_____密级_____
UDC_____

廈門大學

硕士学位论文

单头多模位数控弯丝机器人
控制技术研究

Research on Control Technology of CNC Wire Bending
Robot with Single-head and Multi-mode

卢杰

指导教师姓名: 姚斌 教授
专业名称: 机械设计及理论
论文提交日期: 2014 年 05 月
论文答辩时间: 2014 年 06 月
学位授予日期: 2014 年 月

答辩委员会主席: _____
评阅人: _____

2014 年 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘要

目前我国金属线材产品的市场需求量急剧增加，且产品开发种类也日趋多样化和复杂化，然而我国金属线材的生产方式还处于劳动密集型阶段，其传统的成形工艺已不能满足现代制造系统的灵活和快速的要求，这与现代设计制造所倡导的“高效、高精度、高智能化”的理念相背离。

本文从国家长远发展考虑，并结合我国五金线材市场的装备需求，采用柔性化、模块化的产品设计方法和可重组的设备工艺技术，提出一种以小批量多品种生产方式的高度柔性化制造理念。为了加快我国金属线材自动化设备的开发进程，在已开发的双头模位型数控弯丝机器人基础上，对金属线材成形原理及其数控加工技术等关键技术进行进一步深入研究，研发了一台具有自主知识产权的单头多模位新型金属线材数控成形装备。论文工作包括以下几个方面：

1、分析金属线材产品种类的市场需求，按照其多样化和复杂化的发展方向，研发出一台单头多模位的新型数控弯丝机器人，并提出数控弯丝机器人硬件系统的总体设计方案，完成整体机械结构、伺服系统以及电气控制等设计。

2、介绍了折弯模具系统，通过理论分析推导出线材折弯和推弯两种弯曲方式的成形关系，建立加工零件的建模参数、折弯模具几何参数和各运动轴运动量三者之间的数学关系，最终完成该折弯模具系统的线材弯曲成形工艺分析。

3、开发设计了数控弯丝机器人的系统软件，并进行数控系统各个模块的设计和软件功能模块的划分，即系统初始化、参数设置、产品管理、译码模块、手动控制、自动加工以及监控模块等模块，系统具有良好的人机交互界面，操作简单合理。

4、根据数控弯丝机器人的硬件系统和控制软件完成机床实体搭建，并进行PID、速度和精度等方面的特性调试。最后通过自动编程功能生成零件产品的加工代码并生产，完成机器人整体性能测试工作。

关键词：金属线材；机器人；数控系统；自动编程

厦门大学博硕士论文摘要库

Abstract

The current market demand for metal wire production of our country has been increased sharply and the type of product development is becoming increasingly diverse and complex. However, the major production mode of metal wire forming is labor-intensive, inefficient and inaccurate in our country, and its traditional forming process can not meet the fast and flexible requirements of modern manufacturing systems, which goes against the concept of “high efficiency, high precision and high intelligence”, advocated by modern design and manufacturing.

Considering the long-term national development and the equipment need of metal wire market, this article presents a highly flexible manufacturing philosophy through the production mode with small batch production and many varieties, which use reconfigurable device technology and the method of product design with flexible and modular. In order to accelerate the development process of our automation equipment of metal wire, this paper has a further study on the principles of metal wire forming and CNC machining technology, which base on the double-mode CNC wire bending robot that has been developed. Finally, a new single-head and multi-mode CNC metal wire forming equipment with intellectual property right has been researched and developed. The research contents of thesis are as following:

1、By analysing metal wire product market demand, a new CNC wire bending robot with single-head and multi-mode has been developed according to its diverse and complex development direction, the overall design of CNC wire bending robot hardware system has been made, and the entire mechanical structure, servo system and the electrical control have been completed.

2、The bending mold system has been described. Two bending modes of wire bend and pushing bend have been deduced though theoretical analysis. The mathematical relationship among modeling parameters of machining parts, bending mold geometry and physical activity for each of the three axes of motion has been established. Finally, the analysis for the wire bending process of the bending mold

system has been completed.

3、Develop and design the CNC wire bending robot system software and each module of the CNC system. The software function modules has been divided, including the system initialization, parameter settings, product management, decoding module, manual control, automatic processing and monitoring modules etc. The human computer interface has been well designed, and can be simply and reasonably operated.

4、The machine entity structures have been completed according to the hardware and software control system of CNC wire bending robot. The characters of PID, speed, accuracy and other aspects have also been debugged. Finally, the overall performance of the robot has been made and completed testing though the processing code that is produced by the automatic programming function.

Keywords: Metal Wire; Robot; CNC System; Automatic Programming

目 录	
摘要.....	I
Abstract.....	III
图表索引	IX
第一章 绪论	1
1.1 课题研究的背景和意义	1
1.2 数控弯丝机器人的发展现状	2
1.3 本课题的主要研究内容	3
第二章 数控弯丝机器人硬件系统设计	5
2.1 数控弯丝机器人的机械结构系统	5
2.1.1 送料机构.....	7
2.1.2 折弯机构.....	7
2.1.3 换模机构.....	8
2.1.4 剪切机构.....	10
2.1.5 转臂机构.....	10
2.2 数控弯丝机器人的硬件控制系统	11
2.2.1 控制系统硬件总体方案.....	11
2.2.2 运动控制卡的选型.....	12
2.2.3 机床电路设计.....	15
2.3 数控弯丝机器人的电气控制设计	16
2.3.1 伺服系统.....	16
2.3.2 I/O 接口连接与分配	19
2.3.3 电气滑环设计.....	20
2.4 本章小结	21
第三章 线材成形方法研究	23
3.1 线材成形零件种类	23
3.2 折弯模具	23

3.3 折弯成形	25
3.4 推弯成形	27
3.5 本章小结	31
第四章 数控弯丝机器人控制系统软件设计	33
4.1 控制系统软件开发平台	33
4.1.1 操作系统.....	33
4.1.2 开发平台.....	33
4.2 控制系统总体框架开发	34
4.3 控制系统功能模块设计	35
4.3.1 系统初始化.....	37
4.3.2 参数设置.....	40
4.3.3 产品管理.....	44
4.3.4 译码模块.....	47
4.3.5 手动控制.....	49
4.3.6 自动加工.....	51
4.3.7 监控模块.....	56
4.4 本章小结	57
第五章 数控弯丝机器人系统功能测试	59
5.1 机器人实体搭建	59
5.2 系统特性调试	61
5.3 零件加工测试	63
5.4 本章小结	66
第六章 总结展望	67
6.1 总结	67
6.2 展望	68
参考文献	69
致谢.....	73
硕士期间科研成果	75

CONTENTS

Abstract in Chinese	I
Abstract in English.....	III
List of figurs and tables	IX
Chapter1 Introduction	1
1.1 Backgroud and significance of the essay.....	1
1.2 The present research status of CNC wire bending machine.....	2
1.3 Major research content.....	3
Chapter2 Hardware System of Wire Bending Robot	5
2.1 Mechanical structural system of wire bending robot	5
2.1.1 Feeding mechanisms	7
2.1.2 Bending mechanisms	7
2.1.3 Mold-changing mechanisms	8
2.1.4 Cutting mechanisms.....	10
2.1.5 Rotating mechanisms	10
2.2 Hardware Control System of Wire Bending Robot	11
2.2.1 Overall plan of the CNC hardwire system.....	11
2.2.2 The motor controller selection	12
2.2.3 Circuit design of the machine	15
2.3 Design of the electrical control system for wire bending robot	16
2.3.1 Servo System	16
2.3.2 The I/O interface connection and distribution	19
2.3.3 The electrical slip ring design	20
2.4 Summary of this chapter	21
Chapter3 Research on the method of Wire Forming.....	23
3.1 Types of wire formed parts	23
3.2 Bending mould	23

3.3 Ending forming	25
3.4 Tube bending forming	27
3.5 Summary of this chapter	31
Chapter4 Design of CNC software system.....	33
4.1 Development platform ofCNC software system.....	33
4.1.1 Operating system	33
4.1.2 Development platform	33
4.2 Overall frame development of control system.....	34
4.3 Design of the control system function module	35
4.3.1 System initializing	37
4.3.2 Setting of parameters	40
4.3.3 Product management.....	44
4.3.4 Decode module	47
4.3.5 Manual control	49
4.3.6 Autoprocessing.....	51
4.3.7 Monitoring module	56
4.4 Summary of this chapter	57
Chapter5 Testing of Wire Bending Robotssystem function.....	59
5.1 Construction of Wire Bending Robot.....	59
5.2 System features debugging.....	61
5.3 Parts processing test	63
5.4 Summary of this chapter	66
Chapter6 Conclusion and Prospect.....	67
6.1 Conclusion	67
6.2 Prospect.....	68
References.....	69
Acknowledgement.....	73
Paper Published and Honour Received	75

图表索引

图 1.1 部分国外弯丝机.....	2
图 2.1 数控弯丝机器人机械结构组成图.....	5
图 2.2 弯丝机器人的机械结构示意图.....	6
图 2.3 送料机构示意图.....	7
图 2.4 压力杠杆原理图.....	7
图 2.5 折弯机构示意图.....	8
图 2.6 模头分布图.....	8
图 2.7 换模机构示意图.....	9
图 2.8 剪切机构示意图.....	10
图 2.9 转臂机构示意图.....	11
图 2.10 数控弯丝机器人控制系统结构.....	12
图 2.11 运动控制卡实物图.....	13
图 2.12 GTS-800-PV 运动控制器端子板外形结构图	14
图 2.13 数控弯丝机器人电路图.....	16
图 2.14 伺服驱动器与控制卡各部件接线图.....	18
图 2.15 端子板输入/输出接线图	19
图 3.1 普通折弯类和弹簧类线材零件图.....	23
图 3.2 折弯模具实体图.....	24
图 3.3 折弯模具几何模型.....	24
图 3.4 线材弯曲简化模型.....	25
图 3.5 折弯成形原理图 ($\alpha < \alpha_1$)	25
图 3.6 折弯成形原理图 ($\alpha > \alpha_1$)	27
图 3.7 推弯成形原理图 ($\alpha < \alpha_1$)	28
图 3.8 推弯成形原理图 ($\alpha > \alpha_1$)	29
图 3.9 等节距圆锥螺旋线投影图.....	30
图 3.10 等间距直线逼近法原理图.....	31
图 4.1 数控弯丝机器人控制系统软件总体框架.....	35

图 4.2 控制系统软件界面设计.....	36
图 4.3 MCT2008 运动控制器管理软件.....	38
图 4.4 控制器配置.....	38
图 4.5 折弯模具配置.....	40
图 4.6 系统基本参数设置.....	41
图 4.7 二级权限登入界面.....	42
图 4.8 系统参数设置流程图.....	43
图 4.9 产品属性界面.....	44
图 4.10 产品模型建立界面.....	45
图 4.11 产品建模参数数据表.....	46
图 4.12 产品库界面.....	47
图 4.13 手动控制模块.....	49
图 4.14 自动加工界面.....	51
图 4.15 自动加工运行流程图.....	52
图 4.16 自动编程流程图.....	54
图 4.17 回弹补偿界面.....	55
图 4.18 生产参数.....	56
图 4.19 机床状态监控.....	56
图 5.1 数控弯丝机器人实物图.....	59
图 5.2 机器人机构图.....	60
图 5.3 机床电气控制柜.....	60
图 5.4 PID 调节界面.....	61
图 5.5 衣架模型.....	63
图 5.6 衣架模型.....	64
图 5.7 衣架产品图.....	65
图 5.8 弹簧模型.....	65
图 5.9 弹簧仿真加工.....	65
图 5.10 弹簧产品图.....	66

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库